

Aus dem Anaesthesie-Zentrum der Universität Marburg
Leiter: Prof. Dr. H. Oehmig
und der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg
Leiter: Prof. Dr. M. Schwaiger

Änderungen der Vitalkapazität,
des Atemgrenzwertes und des Sekundenstoßes
in Abhängigkeit von Blutvolumenschwankungen
durch Infusionen von
Haemaccel^R und Macrodex^R 6 %

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Guido Höfer
aus Weidenau / Sieg

Marburg 1967

Aus dem Anaesthesie-Zentrum der Universität Marburg
Leiter: Prof. Dr. H. Oehmig
und der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg
Leiter: Prof. Dr. M. Schwaiger

Änderungen der Vitalkapazität,
des Atemgrenzwertes und des Sekundenstoßes
in Abhängigkeit von Blutvolumenschwankungen
durch Infusionen von
Haemaccel^R und Macrodex^R 6 %

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Guido Höfer
aus Weidenau / Sieg

Marburg 1967



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 14. 12. 1967

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. R. Siegert

Referent: Prof. Dr. med. H. Oehmig

Correferent: Prof. Dr. med. H. J. Streicher

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung und Problemstellung	5
B. Hauptteil	
I. Experimentelle Untersuchungen	8
1. Infusionen mit Haemaccel	8
2. Infusionen mit Macrodex 6 %	18
II. Ergebnisse	28
1. Haemaccel-Gruppe	28
a. Blutvolumenmessungen	28
b. Messung der Atemgrößen	29
2. Macrodex-Gruppe	29
a. Blutvolumenmessungen	29
b. Messung der Atemgrößen	30
III. Diskussion	30
1. Kurzer physiologischer Überblick	30
2. Schlußfolgerungen	32
C. Zusammenfassung	37
D. Literaturverzeichnis	38



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554417_0041

A. Einleitung und Problemstellung

In der Klinik wird in zunehmendem Maße von der schnellen Infusion volumenwirksamer Stoffe Gebrauch gemacht. Sei es, daß sie zur Auffüllung oder Behebung von Blutverlusten angewendet werden, sei es, daß man im Verlauf der Behandlung im Sinne einer "induzierten Hypervolämie" (KIRCHNER¹⁷) stabilisierend auf den Kreislauf einwirkt.

Im Rahmen dieser Arbeit, die als orientierende Untersuchung zu verstehen ist, sollte geprüft werden,

1. ob sich die Vitalkapazität, der Atemgrenzwert und der Sekundenstoß nach Tiffeneau nach Infusionen von Plasmaexpandern ändern,
2. ob sich eine Abhängigkeit der genannten Atemgrößen von den gemessenen Blutvolumenveränderungen zeigt,
3. ob sich durch die schnelle Infusion von Plasmaexpandern Anhaltspunkte für eine erhöhte Gefährdung durch ein Lungenödem ergeben,
4. ob die Lunge, wie es im umgekehrten Sinne Aderlässe gezeigt haben, als sog. Blutreservoir dient und bei einer Hypervolämie eine vermehrte Menge infundierter Flüssigkeit aufnimmt,
5. ob sich ein Unterschied bei Infusionen verschiedener Plasmaexpander zeigt.

Wenn das Blutvolumen in den intrathorakalen Gefäßabschnitten vergrößert wird, muß theoretisch weniger Luft in der Lunge Platz finden. Beim Vergleich von waagerechter und aufrechter

Lage^{3,6,14,20,26}, bei Änderungen der Blutmenge durch Aderlässe^{5,11}, bei Änderungen der Gefäßkapazität durch Abschnüren der Gliedmaßen^{2,4,28} oder durch eine Kombination von Änderungen der Lage und Kapazität des Gefäßsystems^{23,24} sind spirometrische Änderungen tatsächlich gefunden worden.

Diese bisher bekannt gewordenen Untersuchungen der Atemgrößen bei Änderung der Blutmenge sind im Liegen gemacht worden, mehrfach bestätigt, sie dürfen deshalb als gesichert gelten.

Durch unsere Untersuchungen sollte herausgefunden werden, ob 1.000 ml der volumenwirksamen Infusionslösungen im Empfängerorganismus zu klinisch faßbaren oder gar nachteiligen Nebenerscheinungen führen. Durch die Ermittlung der Atemgrößen im Stehen konnte zusätzlich eine Aussage über die Faßkraft des Gefäßsystems erwartet werden.

Methodik

Bei 16 unausgewählten Patienten im Alter von 53 - 84 Jahren - die zu Routineoperationen in die Klinik aufgenommen worden waren - wurde nach 30-minütiger Entspannung in horizontaler Lagerung Blutdruck, Puls und anschließend das Blutvolumen mit 131 Jod-Albumin im Volemetron⁺ gemessen. Die Mischungszeit einer mittleren Dosis von 3 μ Ci RISA betrug jeweils 10 min. (10 min.-Albuminraum). Nach früheren Mitteilungen von ALLGÖWER, M. und E. STUDER¹ und aus unserem Labor¹⁶ beträgt die Fehlerbreite dabei ± 3 % bzw. 2,2 %.

+ Fa. Atomium N.V., Den Haag, Holland

Unmittelbar nach der Volumenmessung wurden am Pulmotestgerät⁺ Vitalkapazität, Atemgrenzwert und Sekundenstoß im Stehen gemessen.

In einer ersten Gruppe von 10 Probanden mit einem Durchschnittsalter von $68,9 \pm 10,2$ Jahren wurden jeweils 1.000 ml Haemaccel^{*} durch eine dicke Flügelkanüle in 60 Minuten i.v. infundiert. Blutdruck und Pulsfrequenz wurden nach 500 ml und nach 1.000 ml Infusionsmenge kontrolliert. Sofort nach Beendigung der Infusion wurde das Blutvolumen mit RISA im Volemetron erneut gemessen. An diese Messung schloß sich die Bestimmung der Atemgrößen im Stehen an. 3 Std. nach Beendigung der Infusion wurden Blutdruck, Pulsfrequenz und Blutvolumen erneut gemessen.

Eine Parallel-Gruppe von 6 Probanden mit einem Durchschnittsalter von $64,8 \pm 5,2$ Jahren erhielt je 1.000 ml Macrodex 6%ig^x in 60 Min. infundiert. Der Untersuchungsgang entsprach dem der Haemaccel-Gruppe.

Die Patienten waren nicht ausgewählt. Die große Streuung der Ausgangswerte wurde bewußt in Kauf genommen, um eine Aussagemöglichkeit über "alte chirurgische Patienten" zu erhalten.

Zu erwähnen ist noch, daß für alle Patienten 4 Std. vor der Untersuchung Flüssigkeits- und Nahrungskarenz angesetzt war.

+ Universal Spirometer Godart-Mijnhardt N.V., Utrecht, Holland.

* Haemaccel (Behringwerke, Marburg)

x Macrodex 6 % (Fa. Knoll, Ludwigshafen)

B. Hauptteil

I. Experimentelle Untersuchungen

1. Infusionen mit Haemaccel

1. D., C. (weibl.)

68 J.

Diagnose: Struma retrosternalis

163 cm, 86 kg

RR 185/100 mm Hg, Puls 76 Schl./min.	vor der Infusion
" 180/100 " " " 82 " "	nach 500 ml Haemaccel
" 180/100 " " " 80 " "	nach 1.000 ml Haemaccel
" 180/100 " " " 76 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

Blutvolumen vor der Infusion	5,00 l	
BV nach Infusion v. 1.000 ml H.	5,08 l	
BV-Unterschied	+ 0,08 l	= + 80 ml

BV 3 Std. nach Infusion	5,04 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,04 l	= + 40 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml Haemaccel	- 0,04 l	= - 40 ml

VK vor der Infusion	1770 cm ³	= 72,8%
VK nach Infusion v. 1.000 ml H.	1530 cm ³	= 62,9%

Differenz: - 240 cm³

AGW vor der Infusion	27,90 l/min	= 37,3%
AGW nach Infusion v. 1.000 ml H.	21,78 l/min	= 29,2%

Differenz: - 6,12 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	1200 cm ³	
	i.d.1.Sek.=67,7%	
Tiff.-Test nach Infus. v. 1.000 ml H.	870 cm ³	
	i.d.1.Sek.=56,8%	

Differenz: - 330 cm³

2. K., E. (weibl.)
 65 Jahre
 Diagnose: Magencarcinom
 155 cm, 55,5 kg

RR 120/60 mmHg, Puls 68 Schl./min.	vor der Infusion
" 110/60 " " " 72 " "	nach 500 ml Haemaccel
" 110/60 " " " 72 " "	nach 1.000 ml Haemaccel
" 120/60 " " " 68 " "	3 Std. n. Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	3,21 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	3,18 l	
BV-Unterschied nach Infus. v. 1.000 ml H.	- 0,03 l	= -30 ml

BV 3 Std. nach Infusion	3,18 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	- 0,03 l	= -30 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	0,00 l	= 0 ml

VK vor der Infusion	1860 cm ³	= 78,3 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	1920 cm ³	= 80,8 %
<u>Differenz</u>	<u>+ 60 cm³</u>	

AGW vor der Infusion	27,18 l/min	= 43,6 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	23,40 l/min	= 37,5 %
<u>Differenz:</u>	<u>- 3,78 l/min</u>	

Tiff.-Test vor der Infusion	1290 cm ³	i.d. 1. Sek. = 69,3 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H	1170 cm ³	i.d. 1. Sek. = 60,9 %
<u>Differenz:</u>	<u>- 120 cm³</u>	

3. M., K. (männl.)

84 J.

Diagnose: Prostatahypertrophie

167 cm, 59 kg

RR	120/90	mmHg,	Puls	66	Schl./min.	vor der Infusion
"	130/90	" "	"	66	" "	nach 500 ml H.
"	130/90	" "	"	72	" "	nach 1.000 ml H.
"	130/90	" "	"	78	" "	3 Std. n. Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	4,38 l
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	4,38 l
BV-Unterschied nach Infusion	0,00 l
von 1.000 ml H.	

BV 3 Std. nach Infusion	4,83 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,45 l	= +450 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach	+ 0,45 l	= +450 ml
1.000 ml H.		

VK vor der Infusion	2460 cm ³	= 80,8 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	2310 cm ³	= 75,8 %

Differenz: - 150 cm³

AGW vor der Infusion	32,94 l/min	= 46,4 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	33,48 l/min	= 47,2 %

Differenz: + 0,54 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	1230 cm ³	i.d. 1. Sek.
		= 50,0 %
Tiff.-Test nach Infusion von	1200 cm ³	i.d. 1. Sek.
1.000 ml H.		= 51,9 %

Differenz: - 30 cm³

4. A., E. (männl.)

61 J.

Diagnose: Blasen tumor

168 cm, 60,5 kg

RR	135/90	mmHg,	Puls	88	Schl./min.	vor der Infusion
"	130/60	" "	"	88	" "	nach 500 ml H.
"	150/80	" "	"	88	" "	nach 1.000 ml H.
"	150/80	" "	"	88	" "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	4,09 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	4,79 l	
BV-Unterschied	+ 0,70 l	= +700 ml

BV 3 Std. nach Infusion	4,69 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,60 l	= +600 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	- 0,10 l	= -100 ml

VK vor der Infusion	2670 cm ³	= 76,4 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	2580 cm ³	= 73,8 %

Differenz: - 90 cm³

AGW vor der Infusion	43,20 l/min	= 46,7 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	43,02 l/min	= 46,5 %

Differenz: - 0,18 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	1560 cm ³	i.d.1.Sek.	
			= 58,40 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H.	1470 cm ³	i.d.1.Sek.	
			= 56,9 %

Differenz: - 90 cm³

5. L., W. (männl.)

53 J.

Diagnose: Ureterstein

178 cm, 80,6 kg

RR 110/90 mmHg, Puls 56 Schl./min.	vor der Infusion
" 110/90 " " " 56 " "	nach 500 ml H.
" 120/70 " " " 60 " "	nach 1.000 ml H.
" 110/80 " " " 56 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,38 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	5,68 l	
BV-Unterschied	- 0,15 l	- = -150 ml

BV 3 Std. nach Infusion	6,20 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,37 l	= +370 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	+ 0,52 l	= +520 ml

VK vor der Infusion	4920 cm ³	= 127,4 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	5070 cm ³	= 131,2 %

Differenz: + 150 cm³

AGW vor der Infusion	101,52 l/min	= 87,8 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	103,14 l/min	= 89,2 %

Differenz: + 1,62 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	3810 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 77,4 %

Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H	3810 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 75,1 %

Differenz: 0 cm³

6. O., H. (männl.)

72 J.

Diagnose: Prostatahypertrophie

170 cm, 74 kg

RR	165/100	mmHg,	Puls	88	Schl./min.	vor der Infusion
"	165/100	" "	"	88	" "	nach 500 ml H.
"	165/100	" "	"	92	" "	nach 1.000 ml H.
"	160/90	" "	"	84	" "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,59 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	5,31 l	
BV-Unterschied	- 0,28 l	= -280 ml

BV 3 Std. nach Infusion	5,95 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,36 l	= +360 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	+ 0,64 l	= +640 ml

VK vor der Infusion	2790 cm ³	= 83,8 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	2340 cm ³	= 70,3 %

Differenz: - 450 cm³

AGW vor der Infusion	41,22 l/min	= 88,3 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	45,00 l/min	= 89,5 %

Differenz: + 3,78 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	1440 cm ³	1.d.1.Sek.
		= 51,6 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1000 ml H.	1470 cm ³	1.d.1.Sek.
		= 62,8 %

Differenz: + 30 cm³

7. B., P. (männl.)
75 J.
Diagnose: Blasenpapillom
172 cm, 56,2 kg

RR 120/80 mmHg,	Puls 72 Schl./min.	vor der Infusion
" 100/60 " "	" 76 " "	nach 500 ml H.
" 120/75 " "	" 76 " "	nach 1.000 ml H.
" 120/80 " "	" 76 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	3,97 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	4,82 l	
BV-Unterschied	+ 0,85 l	= + 850 ml

BV 3 Std. nach Infusion	5,00 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 1,03 l	= + 1030 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	+ 0,18 l	= + 180 ml

VK vor der Infusion	2790 cm ³	= 82,9 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	2760 cm ³	= 82,0 %
<u>Differenz:</u>	- 30 cm ³	

AGW vor der Infusion	29,52 l/min	= 36,4 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	31,50 l/min	= 38,8 %
<u>Differenz:</u>	+ 1,98 l/min	

Tiff.-Test vor der Infusion	990 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 35,5 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H.	1260 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 45,6 %
<u>Differenz:</u>	+ 270 cm ³	

8. B., J.

75 J.

Diagnose: Prostatahypertrophie

175 cm, 88,5 kg

RR 180/80 mmHg,	Puls 64 Schl./min.	vor der Infusion
" 190/70 " " "	60 S "	nach 500 ml H.
" 200/100 " " "	64 " "	nach 1.000 ml H.
" 160/70 " " "	64 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	6,75 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	7,70 l	
BV-Unterschied	+ 0,95 l	= +950 ml

BV 3 Std. nach Infusion	7,35 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,60 l	= +600 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	- 0,35 l	= -350 ml

VK vor der Infusion	3390 cm ³	= 100,1 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	3270 cm ³	= 100,1 %
<u>Differenz:</u>	- 120 cm ³	

AGW vor der Infusion	47,42 l/min	= 59,2 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	45,36 l/min	= 58,2 %
<u>Differenz:</u>	- 2,06 l/min	

Tiff.-Test vor der Infusion	1980 cm ³ i.d.1.Sek.	
	= 58,4 %	
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H.	2070 cm ³ i.d.1.Sek.	= 58,4 %
<u>Differenz:</u>	+ 90 cm ³	

9. B., H. (männl.)

63 J.

Diagnose: Nierenbeckenstein re.

162 cm, 77 kg

RR 150/80 mmHg,	Puls 80 Schl./min.	vor der Infusion
" 130/70 " " "	76 " "	nach 500 ml H.
" 130/70 " " "	76 " "	nach 1.000 ml H.
" 130/70 " " "	80 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,45 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	6,21 l	
BV-Unterschied	+ 0,76 l	= + 760ml

BV 3 Std. nach Infusion	6,51 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 1,06 l	= +1060ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	+ 0,30 l	= + 300ml

VK vor der Infusion	2310 cm ³	= 68,9 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	2310 cm ³	= 68,9 %

Differenz: ± 0 cm³

AGW vor der Infusion	52,38 l/min	= 53,1 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	52,08 l/min	= 52,0 %

Differenz: - 0,30 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	1920 cm ³	i.d.Sek.
		= 83,1 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H.	1770 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 76,6 %

Differenz: - 150 cm³

10. M., F. (männl.)

53 J.

Diagnose: Nierenbeckenstein

178 cm, 93 kg

RR 130/90 mmHg, Puls 64 Schl./min.	vor der Infusion
" 140/90 " " " 60 " "	nach 500 ml H.
" 140/90 " " " 60 " "	nach 1.000 ml H.
" 130/90 " " " 64 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	6,12 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml H.	6,91 l	
BV-Unterschied	+ 0,79 l	= + 790ml

BV 3 Std. nach Infusion	5,48 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	- 0,64 l	= - 640ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml H.	- 1,43 l	= - 1430ml

VK vor der Infusion	4260 cm ³	= 110,3 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml H.	4230 cm ³	= 109,5 %

Differenz: - 30 cm³

AGW vor der Infusion	82,44 l/min	= 67,1 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml H.	81,54 l/min	= 66,4 %

Differenz: - 0,90 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	3150 cm ³ i.d.1.Sek.	= 73,9 %
-----------------------------	---------------------------------	----------

Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml H.	3030 cm ³ i.d.1.Sek.	= 71,6 %
--	---------------------------------	----------

Differenz: - 120 cm³

2. Infusionen mit Macrodex R 6 %

11. H., J. (männl.)
63 J.
Diagnose: Prostatahypertrophie
175 cm, 65 kg

RR 140/90 mmHg, Puls 80 Schl./min. vor der Infusion
" 130/70 " " " 72 " " nach Infus.v.500 ml Macrodex
" 140/90 " " " 76 " " nach Infus.v.1.000 ml "
" 140/90 " " " 68 " " 3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,30 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml M.	6,64 l	
BV-Unterschied	+ 1,34 l	= +1340 ml

BV 3 Std. nach Infusion	6,15 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,85 l	= + 850 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml M.	- 0,49 l	= - 490 ml

VK vor der Infusion	3540 cm ³	= 101,7 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml M.	3750 cm ³	= 104,7 %
Differenz:	+ 210 cm ³	

AGW vor der Infusion	60,66 l/min	= 62,8 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml M.	57,06 l/min	= 59,1 %
Differenz:	- 3,60 l/min	

Tiff.-Test vor der Infusion	2550 cm ³ i.d.1.Sek.	
		= 72,0 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml M.	1320 cm ³ i.d.1.Sek.	
		= 35,2 %
Differenz:	- 1230 cm ³	

12. M., G. (männl.)
68 J.
Diagnose: Nierenbeckenstein
169 cm, 76,4 kg

RR 160/100mmHg, Puls 64 Schl./min. vor der Infusion
" 160/90 " " " 56 " " nach Infus.v. 500 ml M
" 160/90 " " " 56 " " nach Infus.v. 1.000 ml M
" 160/90 " " " 60 " " 3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,68 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml M.	7,00 l	
BV-Unterschied	+ 1,32 l	= +1320 ml

BV 3 Std. nach Infusion	6,44 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,76 l	= + 760 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml M.	- 0,56 l	= - 560 ml

VK vor der Infusion	2130 cm ³	= 66,5 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml M.	2730 cm ³	= 85,2 %

Differenz: + 600 cm³

AGW vor der Infusion	41,04 l/min	= 47,0 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml M.	39,42 l/min	= 45,2 %

Differenz: - 1,62 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	966 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 40,6 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml M.	1110 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 45,0 %

Differenz: + 144 cm³

13. K., F. (männl.)
 62 J.
 Diagnose: Leistenhernie
 183 cm, 71 kg

RR 130/90 mmHg, Puls 60 Schl./min. vor der Infusion
 " 130/80 " " " 56 " " nach 500 ml Macrodex 6 %
 " 150/90 " " " 56 " " nach 1.000 ml M
 " 130/80 " " " 56 " " 3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	7,10 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml M	8,90 l	
BV-Unterschied	+ 1,80 l	= +1800 ml

BV 3 Std. nach Infusion	7,80 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,70 l	= + 700 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml M	- 1,10 l	= -1100 ml

VK vor der Infusion	4890 cm ³	" 129,1 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml M	4770 cm ³	= 125,9 %
<u>Differenz:</u>	- 120 cm ³	

AGW vor der Infusion	76,68 l/min	= 72,9 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml M	60,66 l/min	= 59,7 %
<u>Differenz:</u>	- 16,02 l/min	

Tiff.-Test vor der Infusion	3240 cm ³ i.d.1.Sek.	
	= 72,9 %	
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml M	2970 cm ³ i.d.1.Sek.	= 59,7 %
<u>Differenz:</u>	- 270 cm ³	

14. W., D. (männl.)

64 J.

Diagnose: Leistenhernie

181 cm, 68 kg

RR 120/80 mmHg, Puls 64 Schl./min.	vor der Infusion
" 110/80 " " " 64 " "	nach 500 ml Macrodex 6 %
" 120/90 " " " 60 " "	nach 1.000 ml M
" 120/90 " " " 60 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,32 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml M	6,60 l	
BV-Unterschied	+ 1,28 l	= +1280 ml

BV 3 Std. nach Infusion	7,02 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 1,70 l	= +1700 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml M	+ 0,42 l	= + 420 ml

VK vor der Infusion	3240 cm ³	= 87,4 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml M	3060 cm ³	= 82,5 %
<u>Differenz:</u>	<u>- 180 cm³</u>	

AGW vor der Infusion	62,64 l/min	= 58,4 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml M	50,22 l/min	= 46,8 %
<u>Differenz:</u>	<u>- 12,42 l/min</u>	

Tiff.-Test vor der Infusion	2340 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 72,2 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml M	2130 cm ³	i.d.1.Sek.
		= 69,6 %
<u>Differenz:</u>	<u>- 210 cm³</u>	

15. G., J. (männl.)

55 J.

Diagnose: Zustand nach Beckenringfraktur mit Urethraabriß,
8 Wochen lange Bettruhe

162 cm, 73 kg

RR 130/70 mmHg,	Puls 76 Schl./min.	vor der Infusion
" 140/80 " " "	80 " "	nach 500 ml Macrodex 6 %
" 130/70 " " "	76 " "	nach 1.000 ml M
" 130/70 " " "	76 " "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	4,70 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml M	5,10 l	
BV-Unterschied	+ 0,40 l	= +400 ml

BV 3 Std. nach Infusion	4,89 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,19 l	= +290 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml	- 0,21 l	= -210 ml

VK vor der Infusion	3300 cm ³	= 92,5 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml M	3270 cm ³	= 91,7 %

Differenz: - 30 cm³

AGW vor der Infusion	71,28 l/min	= 69,2 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml M	71,64 l/min	= 69,6 %

Differenz: + 0,36 l/min

Tiff.-Test vor der Infusion	2730 cm ³ i.d.1.Sek.	
		= 92,5 %

Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml M	2670 cm ³ i.d.1.Sek.	
		= 81,6 %

Differenz: - 60 cm³

16. K., E. (männl.)

67 J.

Diagnose: Zustand nach Epididymitis,
Lobektomie re. 1962,
starker Harndrang nach der Infusion

170 cm, 70 kg

RR	125/80	mmHg,	Puls	88	Schl./min.	vor der Infusion
"	140/80	" " "	"	84	" "	nach 500 ml Macrodex 6 %
"	130/90	" " "	"	84	" "	nach 1.000 ml M
"	130/80	" " "	"	80	" "	3 Std. nach Infusionsende

Infusionsdauer: 60 Minuten

BV vor der Infusion	5,42 l	
BV nach Infus. v. 1.000 ml M	5,38 l	
BV-Unterschied	- 0,04 l	= - 40 ml

BV 3 Std. nach Infusion	5,52 l	
BV-Unterschied z. Ausgangsvolumen	+ 0,10 l	= +100 ml
BV-Unterschied z. Volumen nach 1.000 ml M	+ 0,14 l	= +140 ml

VK vor der Infusion	2790 cm ³	= 80,1 %
VK nach Infus. v. 1.000 ml M	2910 cm ³	= 83,5 %
<u>Differenz:</u>	<u>+ 120 cm³</u>	

AGW vor der Infusion	59,76 l/min	= 60,9 %
AGW nach Infus. v. 1.000 ml M	60,66 l/min	= 61,8 %
<u>Differenz:</u>	<u>+ 0,90 l/min</u>	

Tiff.-Test vor der Infusion	2160 cm ³	i.d.1.Sek. = 77,4 %
Tiff.-Test nach Infusion von 1.000 ml M	2220 cm ³	i.d.1.Sek. = 76,3 %
<u>Differenz:</u>	<u>+ 60 cm³</u>	

BV-Änderung nach Infusion von 1.000 ml Haemaccel R in 60 Minuten

Nr.	Alter	Gew. (kg)	Größe (cm)	Ge= schl.	BV (ml)	ml/kg	BV ₁ (ml)	BV ₁ -BV ₀ (ml)	BV ₂ (ml)	BV ₂ -BV ₀ (ml)	BV ₂ -BV ₁ (ml)
1	68	86	163	w	5000	58,14	5080	+ 80	5040	+ 40	- 40
2	65	55,5	155	w	3210	57,84	3180	- 30	3180	- 30	± 0
3	84	59	167	m	4380	74,07	4380	0	4830	+ 450	+ 450
4	61	60,5	168	m	4090	67,60	4790	+ 700	4690	+ 600	- 100
5	53	80,6	178	m	5830	72,33	5680	- 150	6200	+ 370	+ 520
6	72	74,0	170	m	5590	75,54	5310	- 280	5950	+ 360	+ 640
7	75	56,2	172	m	3970	70,64	4820	+ 850	5000	+1030	+ 180
8	75	88,5	175	m	6750	76,27	7700	+ 950	7350	+ 600	- 350
9	63	77	162	m	5450	70,78	6210	+ 760	6510	+1060	+ 300
10	53	93	178	m	6120	65,81	6910	+ 790	5480	- 640	-1430
Mittel=68,9 73,03 168,8 5039 68,90 5406 + 367,0 5423 + 384 + 17											
Streuung = +10,15 ±14,19 ±7,4 1106 ±6,6 ±1268 ± 458 ±364,8 ± 506,7 ± 595,8											

BV₀ = Blutvolumenausgangswert

BV₁ = Blutvolumen nach Infusion von 1.000 ml Haemaccel R

BV₁-BV₀ = Blutvolumenunterschied z. Ausgangsvolumen nach Infusionsende

BV₂ = Blutvolumen 3 Std. nach der Infusion

BV₂-BV₀ = Blutvolumenunterschied z. Ausgangsvolumen 3 Std. nach Infusion

BV₂-BV₁ = Blutvolumenunterschied 3 Std. nach Infusion zum Infusionsende

Streuung

$$= \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Änderung von VK, AGW und Sekundenstoß nach 1.000 ml Haemaccel R

Nr.	Alter	Gew.	Größe	Ge=	VK ₀	VK ₁	VK ₀ -VK ₁	AGW ₀	AGW ₁	AGW ₀ -AGW ₁	T.T. ₀	T.T. ₁	T.T. ₀ -T.T. ₁
		(kg)	(cm)	schl.	(ccm)	(ccm)	(ccm)	(l/min)	(l/min)	(l/min)			
1	68	86	163	w	1770	1530	-240	27,90	21,78	- 6,12	1200	870	- 330
2	65	55,5	155	w	1860	1920	+ 60	27,18	23,40	- 3,78	1290	1170	- 120
3	84	59	167	m	2460	2310	-150	32,94	33,48	+ 0,54	1230	1200	- 30
4	61	60,5	168	m	2670	2580	- 90	43,20	43,02	- 0,18	1560	1470	- 90
5	53	80,6	178	m	4920	5070	+150	101,52	103,14	+ 1,62	3810	3810	± 0
6	72	74	170	m	2790	2340	-450	41,22	45,00	+ 3,78	1440	1470	+ 30
7	75	56,2	172	m	2790	2760	- 30	29,52	31,5	+ 1,98	990	1260	+ 270
8	75	88,5	175	m	3390	3270	-120	57,42	45,36	- 2,06	1980	2070	+ 90
9	63	77	162	m	2310	2310	± 0	52,38	52,08	- 0,30	1920	1770	- 150
10	53	93	178	m	4260	4230	- 30	82,44	81,54	- 0,90	3150	3030	- 120
Mittelwert					68,9	73,03	168,8						
Streuung					±10,1	±14,2	±7,4						
					±1008,5	±255,1		±26,3	± 2,0	± 923,0	± 725,3		
					±1081,3	±25,5							

VK₀ = Vitalkapazität vor der Infusion VK₁ = Vitalkapazität nach der Infusion
 AGW₀ = Atemgrenzwert vor der Infusion AGW₁ = Atemgrenzwert nach der Infusion
 T.T.₀ = Sekundenstoß vor der Infusion T.T.₁ = Sekundenstoß nach der Infusion
 (diff.-Test)

BV-Änderung nach 1.000 ml Macroder R 6 % in 60 Minuten

Nr.	Alter	Gew. (kg)	Größe (cm)	Ge= schl.(ml)	BV	ml/kg	BV ₁ (ml)	BV ₁ -BV ₀ (ml)	BV ₂ (ml)	BV ₂ -BV ₀ (ml)	BV ₂ -BV ₁ (ml)
1	63	65	175	m	5300	81,5	6640	+1340	6150	+ 850	- 490
2	68	76	169	m	5680	74,7	7000	+1320	6440	+ 760	- 560
3	62	71	183	m	7100	100,0	8900	+1800	780	+ 700	-1100
4	64	68	181	m	5320	78,2	6600	+1280	7020	+1700	+ 420
5	55	73	162	m	4700	64,4	5100	+ 400	4890	+ 290	- 210
Mittel=		62,5	174		5620	79,76	6848	1228	6460	+ 840	- 388
wert											
Streu=		+4,6	+8,7		+896,1	+12,9	+1360	+508,9	+251,6	+ 545	+ 552,7
ung											

BV₀ = Blutvolumenausgangswert

BV₁ = Blutvolumen nach Infusion von 1.000 ml Macroder R

BV₁-BV₀ = Blutvolumenunterschied z. Ausgangsvolumen nach Infusionsende

BV₂ = Blutvolumen 3 Std. nach der Infusion

BV₂-BV₀ = Blutvolumenunterschied z. Ausgangsvolumen 3 Std. nach Infusion

BV₂-BV₁ = Blutvolumenunterschied 3 Std. nach Infusion zum Infusionsende

Streuung
$$= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Änderung von VK, AGW und Sekundenstoß nach 1.000 ml Macrodex R 6 %

Nr.	Alter	Gew. (kg)	Größe (cm)	Ge- schl.	VK (c8m)	VK ₁ (c8m)	VK-VK ₁ (8cm)	AGW ₁ (l/min)	AGW ₁ (l/min)	AGW-AGW ₁ (l/min)	T.T. ₀	T.T. ₁	T.T. ₀ - T.T. ₁
1	63	65	175	m	3540	3750	+ 210	60,66	57,06	- 3,60	2550	1320	- 1230
2	68	76	169	m	2130	2730	+ 600	41,04	39,42	- 1,62	966	1110	+ 144
3	62	71	183	m	4890	4770	- 120	76,68	60,66	- 16,02	3240	2970	- 270
4	64	68	181	m	3240	3060	- 180	62,64	50,22	- 12,42	2340	2130	- 210
5	55	73	162	m	3300	3270	- 30	71,28	71,64	+ 0,36	2730	2670	- 60
6	67	70	170	m	2790	2910	+ 120	59,76	60,66	+ 0,90	2160	2220	+ 60
Mittelwert					3315	3415	+ 100	62,01	56,61	- 5,40	2331	2070	- 261
Streuung					±913	±751	± 285	±12,3	±12,3	± 7,1	±769,6	±822,2	± 499,8

VK₀ = Vitalkapazität vor der Infusion
 VK₁ = Vitalkapazität nach der Infusion
 AGW₀ = Atemgrenzwert vor der Infusion
 AGW₁ = Atemgrenzwert nach der Infusion
 T.T.₀ (Tiff.-Test) = Sekundenstoß vor der Infusion
 T.T.₁ = Sekundenstoß nach der Infusion

II. Ergebnisse

Aus der tabellarischen Übersicht ergeben sich folgende Fakten:

1. Haemaccel-Gruppe

a. Blutvolumenmessung: Nach den in Tabelle I angegebenen Mittelwerten fand sich bei 10 mit Haemaccel infundierten Personen in einem mittleren Alter von $68,9 \pm 10,2$ Jahren, einer durchschnittlichen Größe von $1,69 \text{ m} \pm 7,4 \text{ cm}$ und einem Gewicht von $73 \pm 14,2 \text{ kg}$ ein mittleres Ausgangsblutvolumen von $5040 \pm 1110 \text{ ml}$, d.h. $68,9 \text{ ml pro kg Körpergewicht}$. (Normalwerte für Männer $75 \text{ ml pro kg Körpergewicht} \pm 10 \text{ ml}$, für Frauen $65 \text{ ml pro kg Körpergewicht} \pm 10 \text{ ml}$.) Nach der Infusion von $1.000 \text{ ml Haemaccel}$ innerhalb einer Stunde wurde ein durchschnittliches Blutvolumen von $5410 \pm 1270 \text{ ml}$, d.h. eine Blutvolumenvermehrung um $370 \pm 458 \text{ ml}$, registriert; 630 ml des zugeführten Volumens sind aus dem intravasalen Raum in das Interstitium abgeströmt bzw. über die Nieren ausgeschieden worden. 3 Std. nach Beendigung der Infusion ergab sich eine Blutvolumenvermehrung gegenüber dem Ausgangswert von $380 \pm 507 \text{ ml}$. Das sofort nach der Infusion gemessene Blutvolumen blieb unverändert.

Die meßbare Volumenzunahme erreichte nur 37% der infundierten Menge Haemaccel. Wie aus der berechneten hohen Streuung hervorgeht, war die Blutvolumenzunahme sehr unterschiedlich. In einem Fall (Nr. 3) blieb die erwartete Vermehrung der intravasalen Flüssigkeit aus, in drei Fällen (Nr. 2, 5 und 6) nahm das Blutvolumen ab. Bei der Messung des Blutvolumens nach

3 Std. fand sich in 5 Fällen (Nr. 3, 5, 6, 7 und 9) eine Vermehrung des Blutvolumens gegenüber BV_1 , in einem Versuch ein gleichbleibender Wert, bei 4 Personen eine Abnahme.

b. Messung der Atemgrößen: Die Veränderungen der Atemgrößen lagen praktisch im Bereich der Fehlerbreite. Die Streuung war sehr groß. Die Vitalkapazität nahm im Durchschnitt nach der Infusion um 90 ± 255 ml, der Atemgrenzwert um $0,54 \pm 2,02$ l/min., der Sekundenstoß um 45 ± 160 ml ab. Blutvolumenvermehrung und Vitalkapazität verhalten sich gegensinnig. Eine Ausnahme machte der Fall Nr. 6. Für den AGW und den Tiff.-Test gilt dies nicht.

2. Macrodex-Gruppe

a. BV-Messung: 6 Probanden, denen 1.000 ml Macrodex 6 % in 60 Min. infundiert wurde, hatten bei einem Alter von $62,5 \pm 4,6$ Jahren, einem Gewicht von $70,6 \pm 4,3$ kg und einer Größe von $174 \pm 8,7$ cm ein Blutvolumen von $5,620 \pm 900$ ml ($79,8$ ml pro kg Körpergewicht). Nach der Infusion von 1.000 ml Macrodex wurde ein Blutvolumen von $6,850 \pm 1360$ ml gemessen; das entspricht einer Volumenzunahme von $1,230 \pm 510$ ml, 230 ml mehr, als ursprünglich infundiert wurde. Nach 3 Stunden betrug das Blutvolumen 6460 ± 250 ml; das bedeutet gegenüber dem Ausgangsvolumen noch ein Plus von 840 ml und gegenüber dem Blutvolumenwert unmittelbar nach der Infusion einen Verlust in das Interstitium von 390 ml.

Außer bei dem Fall Nr. 16, der noch einer besonderen Bespre-

chung bedarf, war sofort nach der Infusion bei allen Personen ein vergrößertes Blutvolumen meßbar.

b. Messung der Atemgrößen: Die Veränderungen der Atemgrößen lagen auch hier im Bereich der Fehlerbreite. Eine Beziehung der gemessenen Volumenvermehrung zu Änderung der Atemgrößen war nicht herzustellen. Obwohl das intravasale Volumen anstieg, wurde eine geringe Zunahme der Vitalkapazität gemessen. In keinem Fall wurden irgendwelche Beschwerden angegeben; insbesondere wurden Beklemmungsgefühl und Atemnot verneint. Objektiv wurden weder Rasselgeräusche, noch Dyspnoe, noch Oedeme wahrgenommen. Insgesamt ergaben sich also keine Hinweise auf ein Lungenödem.

Während und nach der Infusion von 1.000 ml der beiden erwähnten Plasmaexpander sind keine wesentlichen Änderungen der Pulsfrequenz und des Blutdruckes beobachtet worden.

III. Diskussion

1. Der Lungenkreislauf und das Venenbett des großen Kreislaufes bilden eine funktionelle Einheit, das Niederdrucksystem (GAUER, HENRY^{9a}). Da der Gesamtkreislauf 200mal dehnbarer ist, als der arterielle Windkessel, wird es verständlich, daß bei einer Infusion von 1.000 ml Blut 995 ml im Niederdrucksystem und nur 5 ml im Windkessel gefunden werden⁹. Alle erzwungenen Änderungen des Blutvolumens durch Aderlaß oder Transfusion betreffen hauptsächlich das Niederdrucksystem. Ein Teil der Ver-

Änderungen wird im Liegen spirometrisch durch Änderungen des intrathorakalen Blutvolumens faßbar. Das intrathorakale Blutvolumen (zentrales Blutvolumen, vermehrt um die Blutmenge im rechten Herzen und der großen intrathorakalen Venen) macht 25 bis 30 % des Gesamtblutvolumens aus.^{7,8,21} Bei gleichmäßiger Verteilung von 1.000 ml einer volumenwirksamen Infusionslösung im Niederdrucksystem²², müßte demnach auch das intrathorakale Blutvolumen um 25 - 30 % der infundierten Menge zunehmen.

Da Blutvolumenzunahmen und -abnahmen im intrathorakalen Raum von entsprechenden Änderungen des Luftinhaltes der Lunge begleitet sind, ist es möglich, unter Beobachtung entsprechender Kautelen diese Blutverschiebungen mit Hilfe spirometrischer Methoden zu erfassen.^{12,13,14,28} Die Besonderheit der intrathorakalen Gefäße liegt darin, daß sie nicht im Gewebe eingebettet sind, sondern im elastischen Netzwerk der Lunge aufgehängt, frei an der Oberfläche liegen und geringe vasomotorische Aktivität zeigen. Diese Lokalisation zusammen mit der großen Dehnbarkeit seiner Wände gibt dem intrathorakalen Kreislaufabschnitt die Funktion eines Druckausgleichgefäßes¹⁰, in das relativ große Blutmengen leicht ausweichen können, wenn durch mechanische Kompression⁴ oder durch Vasokonstriktion das periphere Gefäßbett eingeengt wird, oder wenn durch Transfusion das Gesamtblutvolumen sich vergrößert. Umgekehrt wird der Volumenbedarf der Peripherie prompt aus dem intrathorakalen Reservoir gedeckt.¹⁰

Ergebnisse von Untersuchungen über den Wechsel des Lungenluftvolumens beim Aderlaß sprechen dafür, daß die thorakalen Gefäße

gebiete im Verhältnis zu der in ihm befindlichen absoluten Blutmenge im größeren Ausmaße beteiligt ist als der übrige Körper.⁵ So fand man, daß bei einer Blutentnahme von 400 ml 50 % aus dem Thorax kam¹¹, obwohl dieser Kreislaufabschnitt nur 25 - 30 % des Gesamtblutvolumens enthält. 28 % entstammten dem Gefäßgebiet der unteren Extremitäten, 22 % den übrigen Gefäßabschnitten.

Demgegenüber haben Untersuchungen über die Blutverteilung beim Übergang vom Liegen zum Stehen und wieder zum Liegen gezeigt, daß 78 % der in den unteren Extremitäten meßbaren Blutvolumenzunahme aus dem thorakalen Gefäßabschnitt stammen.²⁶ Umgekehrt bringen Lageänderungen vom Stehen zum Liegen eine Verschiebung erheblicher Blutmengen aus den Bein- in die thorakalen Gefäßabschnitte mit sich, wie durch Untersuchungen der Vital- und Totalkapazität der Lunge nachgewiesen werden konnte.²⁵ Das gleiche ist auch durch Registrierung der Röntgengedichte (durch fortlaufende Schreibung der Schwankungen der Strahlendurchlässigkeit eines kleinen Lungenzylinders) innerhalb der Lungenfelder nachgewiesen worden.^{15,19}

Alle bisher vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß der thorakale Abschnitt des Gefäßsystems als Blutlieferant bei lokalen Kapazitätsänderungen des Gefäßsystems eine große Rolle spielt.²⁷

2. Wie oben angedeutet, haben wir absichtlich im Stehen spirometriert, um dadurch Hinweise auf eine mögliche Begrenzung der Faßkraft des Gefäßraumes zu erhalten. Bei unseren Untersuchungen sind die Veränderungen der Atemgrößen, insbesondere der die intrathorakale Blutvolumenveränderung betreffende Vital-

kapazität praktisch im Bereich der Fehlerbreite der Methode geblieben. Die Aufnahmefähigkeit des Niederdrucksystems, über raschenderweise auch der extrathorakalen Gefäßabschnitte, ist auch im Alter sehr groß. Über die Größenordnung der Aufnahmefähigkeit der extrathorakalen Abschnitte des Niederdrucksystems - über die durch Lageänderung anfallenden Volumina hinaus - gaben unsere Ergebnisse erfreulich günstige Werte.

Während eine mittlere Blutvolumenzunahme von 370 ml nach einer Infusion von 1.000 ml Haemaccel unsere Betrachtungen unberührt läßt, brachten die Macrodexinfusionen eine durchschnittliche Volumenvermehrung von 1230 ml mit sich. Bei plethysmographischen Messungen bei orthostatischer Belastung ist eine Volumenzunahme der unteren Extremitäten um etwa 10 % (ca. 600 ml) des Blutvolumens gemessen worden.^{20,25}

Unter extremen Bedingungen können im Stehen unter gleichzeitiger venöser Stauung der Beine durch Blutdruckmanschetten 15 - 20 % (ca. 1000 ml) des Blutvolumens in den Beinvenen gespeichert werden.²⁸

Aus unseren Befunden darf geschlossen werden, daß extrathorakal wenigstens 1800 ml (600 ml + 1200 ml) im venösen Reservoir Aufnahme finden können, bevor eine spirometrisch faßbare Änderung des intrathorakalen Blutvolumens eintritt. Um eine Verminderung der Vitalkapazität durch Infusionen volumenwirksamer Plasmaexpander im Stehen zu erreichen, müssen demnach größere Mengen infundiert werden, als in den hier vorliegenden Untersuchungen geschehen ist.

Zeichen eines Lungenödems fanden wir bei keiner der untersuchten Personen. Eine erschwerte und keuchende Atmung, eine Erhöhung der Atemwiderstände und eine Abnahme der Vitalkapazität, wie es beim Lungenödem gesehen wird, zeigte sich nicht.²⁹

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang das Verhalten eines 67 Jahre alten, 4 Jahre vorher lobektomierten Patienten (Nr. 16), bei dem trotz eingeschränkter Gefäßkapazität im Bereich des kleinen Kreislaufes nicht der geringste Anhalt für ein Lungenödem gefunden werden konnte. Die Tatsache, daß nach der Infusion von 1.000 ml Macrodex auch keine Volumenzunahme des Blutes zustande kam, spricht für eine außerordentlich wirksame Volumenregulation. Offenbar steht diesem Organismus keine Möglichkeit zur Verfügung, zusätzliches Volumen aufzunehmen. Er hält sein Volumen konstant, indem er das überflüssige Volumen sofort ausscheidet.

Der Patient Nr. 15 gibt ein Beispiel für ein reduziertes Blutvolumen infolge einer 8-wöchigen Bettruhe. Es ist bekannt, daß eine 14-tägige Bettruhe bei gesunden Probanden schon zu einer Verminderung des Blutvolumens um 5 bis 6 % führt. Warum bei unserem Patienten durch Infusion von 1.000 ml Macrodex nur eine Volumenvermehrung von 400 ml auftrat, können wir nicht erklären.

Bei allen unseren Untersuchungen wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, nach klinischen Zeichen zu fahnden, aus denen Unverträglichkeitserscheinungen oder Nebenwirkungen der zügigen Infusion von Haemaccel und Macrodex 6 % hergeleitet werden konnten.

Außer gelegentlich sehr starkem Harndrang, besonders nach

Haemaccel-Infusionen, traten keinerlei nachteilige Folgen in Erscheinung.

Während alle bisherigen Untersuchungen darauf abzielten, mit spiographischen Untersuchungsmethoden eine Blutvolumenverschiebung in den intrathorakalen Gefäßraum subtil darzustellen, kam es in unseren Untersuchungen darauf an zu zeigen, daß die infundierte Flüssigkeitsmenge und auch ein nachfolgender Einstrom extrazellulärer Flüssigkeit keine Einschränkung der Lungenfunktion mit sich bringt.

Auf die eingangs gestellten Fragen ergaben sich folgende Antworten:

1. VK, AGW und Tiff.-Test im Stehen änderten sich nach Infusionen von 1.000 ml Haemaccel und Macrodex 6 % nicht nennenswert.
2. Für eine Abhängigkeit der Atemgrößen von den Blutvolumenänderungen ergaben sich dabei keine Anhaltspunkte.
3. Eine Gefährdung in Richtung Lungenödem konnte nicht festgestellt werden.
4. Anhaltspunkte für eine Blutvolumenreservoirfunktion der Lunge ergaben sich bei unserer Versuchsanordnung nicht.
5. Die Plasmaexpander Haemaccel und Macrodex 6 % zeigten wohl Unterschiede hinsichtlich der Vermehrung des Blutvolumens, nicht aber hinsichtlich einer Kapazitätsänderung der Lungen.

Die vorliegenden Ergebnisse haben unmittelbare Bedeutung für den klinischen Alltag. Sie erklären, warum bei mehr als 6000

Patienten über 60 Jahre, denen praeoperativ zur Kreislaufstabilisierung routinemäßig eine Volumenerhöhung um 15 bis 20 % zugemutet wurde, nur in 3 Fällen ein Lungenödem auftrat¹⁸, bei denen eine Herzinsuffizienz bestand.

Die Faßkraft des Gefäßsystems ist auch im Alter voll erhalten und in Abwesenheit einer chronischen Herzinsuffizienz prophylaktisch und therapeutisch nutzbar.

C. Zusammenfassung

In der vorliegenden Dissertation wurden bei 16 Personen das Blutvolumen mit RISA im Volemetron und die Atemgrößen (VK, AGW und Tiff.-Test) im Stehen vor und nach Infusion von 1.000 ml Haemaccel^R bzw. Macrodex^R 6 %, die in 60 Minuten infundiert wurden, bestimmt.

Kurz zusammengefaßt wurden folgende Ergebnisse gefunden:

1. VK, AGW und Tiff.-Test im Stehen ändern sich nach Infusionen von 1.000 ml Haemaccel bzw. Macrodex 6 % nicht.
2. Für eine Abhängigkeit der Atemgrößen von den Blutvolumenänderungen fanden wir keine Anhaltspunkte.
3. 1.000 ml volumenwirksamer Infusionslösung werden vom Empfängerorganismus ohne irgendwelche klinisch faßbaren oder gar nachteiligen Nebenwirkungen aufgenommen.
4. Die Aufnahmefähigkeit des Niederdrucksystems, überraschenderweise auch der extrathorakalen Gefäßabschnitte, ist auch im Alter sehr groß.
5. Eine Gefährdung der Patienten durch ein Lungenoedem konnte nicht festgestellt werden.
6. Die Plasmaexpander Haemaccel und Macrodex 6 % zeigten beträchtliche Unterschiede hinsichtlich der Vermehrung des Blutvolumens; Kapazitätsänderungen der Lunge ergaben sich daraus nicht.

D. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- 1 ALLGÖWER, M. und
E. Stüder Methodik und Ergebnisse einer
Schnellbestimmung des Blutvolumens
mit 131 J in der Klinik
Dtsch. Z. Chir. 301, 122 (1962)
- 2 ASMUSSEN, E.,
E.H. CHRISTENSEN und
T. SJÖSTRAND Über die Abhängigkeit der Lungenvo=
lumen von der Blutverteilung
Scand. Arch. Physiol. 82, 214 (1939)
- 3 BERGLUND, H.
H. LAGERLÖF,
L. WERKÖ und
H. BUCHT The relation between pulmonary ca=
pillary venous pressure, pulmonary
blood volume and vital capacity
Trans.Ass.Amer.Phycus 62, 124 (1949)
- 4 BUDELMANN, G. Die Beeinflussung der Vitalkapazi=
tät der Lunge durch Wickelung der
Extremitäten
Klin. Wschr. Bd.2, 1711 (1937)
- 5 BUDELMANN, G. Über den Einfluß des Aderlasses auf
die Vitalkapazität der Lunge beim
gesunden Menschen
Klin. Wschr. 16, 704 (1937)
- 6 DOW, P. The venous return as a factor af=
fecting the vital capacity
Amer. J. Physiol. 127, 793 (1939)
- 7 DOYLE, J.T.,
J.S. WILSON,
C. de PINE and
J.V. WARREN J. Labor a. Clin. Med. 41, 1 (1953)
- 8 EBERT, R.V.,
C.W. BORDEN,
H.S.WELLS and
R.H. WILSON J. Clin. Invest. 28, 1134 (1949)
- 9a GAUER, O.H.,
J.P. HENRY Beitrag zur Homöostase des extraar=
teriellen Kreislaufs
Klin. Wschr. 34, 356 (1956)
- 9b GAUER, O.H. Kreislauf des Blutes in LANDOIS und
ROSEMAN, Lehrbuch der Physiologie
des Menschen, Bd. 1; München-Berlin,
Urban und Schwarzenberg 1960
- 10 GAUER, O.H. Die Wirkungen von Aderlaß und Trans=
fusion auf die wichtigsten Kreis=
laufabschnitte
Ergebn. Bluttransfusionsforsch. III,
64 (1957)

- 11 GLASER, E.M., J. McMICHAEL Lancet 2, 230 (1940)
- 12 GLISON, J.C. und UGH-JONES Veränderungen der VK durch Veränderungen der Lungendurchblutung
Clin. Sci. 7, 185 (1949)
- 13 Grosse BROCKHOFF, F. und W. SCHOEDEL Die Blutfüllung der Lunge
Hdb. der Thoraxchirurgie Bd. 1, Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1958
- 14 HAMILTON, W.F. and A.B. MORGAN Änderungen der Vitalkapazität mit Änderungen des intrathorakalen Blutvolumens
Amer. J. Physiol. 99, 526 (1932)
- 15 HESS, H. Fortlaufende quantitative Messungen akuter Veränderungen des Blutvolumens beim Menschen
Klin. Wschr. 40, 1193 (1962)
- 16 KIRCHNER, E., H. HUNDSHAGEN und E.H. GRAUL Über die Fehlerbreite der "Blutvolumenbestimmung" mit RISA im Volemetron
Atompraxis 9, 373 (1963)
- 17 KIRCHNER, E. Fehler und Gefahren der praeoperativen Kreislauftherapie in der Alterschirurgie
Dtsch. Zeitschr. Chirur. 298, 131 (1961)
- 18 KIRCHNER, E. Habilitationsschrift
- 19 KJELBERG, S.R., U. RUDHE und T. SJÖSTRAND Acta physiol. scand. (Stockh.) 20, 166 (1950)
- 20 LAGERLÖF, H., H. ELIASCH, L. WERKÖ and E. BERGLUND Orthostatic changes of the pulmonary and peripheral circulation in man
Scand. J. Clin. a. Labor, Invest. 2, 85 (1951)
- 21 LAGERLÖF, H., H. BUCHT and A. HOLMGREN Scand. J. Clin. a. Labor Invest. 1, 147 (1949)
- 22 LOCHNER, W. und W. WITZLEB Lungen und kleiner Kreislauf
Bad Oeynhauser Gespräche I
- 23 SJÖSTRAND, T. Pulmonary blood volume in the regulation of the blood circulation under normal and pathological conditions
Acta med. scand. 145, 155 (1953)

- 24 SJÖSTRAND, T. Über die Bedeutung der Lungen als
Blutdepot beim Menschen
Acta physiol. Scand. 2, 231 (1941)
- 25 SJÖSTRAND, T. Volume and distribution of blood
and their significance in regulat-
ing circulation
Physiol. Rev. 33, 202 (1953)
- 26 SJÖSTRAND, T. Changes in intrathoracic blood
volume
Acta physiol. Scand. (Stockh.) 22,
114 (1954)
- 27 SJÖSTRAND, T. Blutverteilung und Regulation des
Blutvolumens
Klin. Wschr. 34, 564 (1956)
- 28 SJÖSTRAND, T. The regulation of the blood distri-
bution in man
Acta physiol. Scand. 26, 213 (1952)
- 29 VITALE, A.,
P.R. DUNKE and
J.H. COMROE Lack of correlation between rales
and arterial oxygen saturation in
patients with pulmonary congestion
and edema
Circulation 10, 81 (1954)

Herrn Prof. Dr. M. Schwaiger

danke ich für die Möglichkeit, an seiner Klinik zu arbeiten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. Oehmig
für die Überlassung des Themas.

Für die Ratschläge bei der Durchführung der Arbeit bedanke
ich mich besonders bei Herrn Doz. Dr. E. Kirchner
(Leiter der Abteilung für Anaesthesiologie der Medizinischen
Hochschule Hannover).

Lebenslauf

Am 12. 7. 36 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Ewald Höfer und seiner Ehefrau Aenne, geb. Feldewerth, in Weidenau/Sieg geboren.

Im Herbst 1942 wurde ich in Weidenau/Sieg eingeschult und besuchte dort von 1950 bis 1959 das Fürst-Johann-Moritz-Gymnasium, wo ich am 8. 3. 1959 die Reifeprüfung bestand.

Das Medizinstudium begann ich im SS 1959 an der Philipps-Universität Marburg, legte dort die naturwissenschaftliche Vorprüfung am 20. 3. 1961 und die ärztliche Vorprüfung am 27. 4. 1962 ab. Am 14.9. 1965 bestand ich das medizinische Staatsexamen.

Seit dem 1. 11. 1965 war ich im Rahmen meiner Medizinalassistentenzeit in der Chirurgischen Universitätsklinik, u.a. auch auf der urologischen Abteilung, in der Universitäts-Frauenklinik und in der medizinischen Universitäts-Poliklinik in Marburg tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten in Marburg:

Berendes, Bock, Braun-Falco, Buchholz, Bücher, Dimroth, Dölle, Exner, Franke, Gedigk, Golenhofen, Hamm, Hartmann, Hensel, Heuser, Hornung, Huber, Jacob, Kessler, Lang, Linneweh, Löhr, Mahr, Mann, Martini, Marx, Mattes, Maurath, du Mesnil de Rochemont, Neubauer, Niessing, Oksche, Oehmig, Petry, Rodeck, Rohen, Sauer, Schleyer, Schmid, Schölmerich, Schwaiger, Seidel, Siegert, Siess, Straub, Streicher, Wendt, Walcher, Würterle.

